

2) Не выявлено значительных изменений электропроводящих свойств композиций в зависимости от предварительной обработки ультразвуком представленных количеств оУНТ.

3) В зависимости от типа УНТ (оУНТ или мУНТ) существенных отличий в электропроводящих свойствах композиций не обнаружено.

### Список литературы

1. Москалюк О.А., Алешин А.Н., Цобкалло Е.С., Крестинин А.В., Юдин В.Е. // *Физика твердого тела*, 2012. – Т.54. – №10. – С.1993–1998.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНИЦИИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХОЛОДОТВЕРДЕЮЩИХ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ АКРИЛОВЫХ КОМПОЗИТОВ

С.А. Тимерханов, А.А. Паламарчук, П.Б. Дьяченко

Научный руководитель – к.т.н., младший научный сотрудник П.Б. Дьяченко

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева  
125047, Россия, г. Москва, пл. Миусская 9, RHTUPOL@mail.ru

Высоконаполненные полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе мономерных акриловых связующих и минеральных природных наполнителей различной дисперсности являются одними из наиболее перспективных конструктивных химстойких материалов для восстановления (ремонта) цементобетонных сооружений и конструкций, дорожных и аэродромных покрытий [1]. «Холодное» отверждение таких составов протекает под действием окислительно-восстановительных систем, содержащих пероксид бензоила (ПБ) и третичные амины, при этом наиболее широкое применение нашла система ПБ – N,N-диметиланилин (ДМА) [1], способная инициировать радикальную полимеризацию вплоть до минус 40 °С [2].

Ранее коллективом авторов РХТУ им. Д.И. Менделеева было показано [1], что варьирование концентраций и соотношения ПБ и ДМА является эффективным способом регулирования как прочности на сжатие высоконаполненных (более 80 %) акриловых ПКМ, так и скорости её набора. В то же время хорошо известно [3], что при полимеризации ненаполненных мономеров природа амина оказывает существенное влияние на скорость распада ПБ (который ускоряется не только самими аминами, но и продуктами их взаимодействия с ПБ), на скорость полимеризации, а также на глубину процесса. К тому же использование аминов, способных участвовать в реакциях передачи цепи, может привести к

снижению гель-эффекта и связанного с ним неконтролируемого разогрева реакционной смеси, обуславливающего ухудшение свойств образующихся полимеров.

Цель настоящей работы – оценка эффективности использования инициирующих систем ПБ – N,N-диметил-N-бензиламин (ДМБА) и ПБ – 2-[4-(диметиламино)фенил]этиловый спирт (ДМАФЭ) для отверждения высоконаполненных акриловых ПКМ в интервале температур от минус 25 до +25 °С.

В качестве мономерного акрилового связующего в работе использованы метилметакрилат (ММА) и его смесь с метакриловой кислотой (МАК, до 15 мас. %). Содержание связующего в композите и состав минеральных наполнителей по [1]; интервал варьирования содержаний ПБ от 2 до 6 мас. %, ДМБА и ДМАФЭ от 0,5 до 3,0 мас. %.

Отверждение ПКМ проводили при +25, +4 и минус 25 °С в специально изготовленных формах в виде куба с длиной ребра 10 см.

Прочность на сжатие ( $\sigma_{сж}$ , МПа) образцов ПКМ определяли в возрасте 7 сут с использованием пресса C040N Matest (Италия) при скорости нагружения 0,6 МПа/с; для контроля прочности на более ранних сроках отверждения применяли склерометр ОНИКС-2.4.

Было установлено, что при температурах отверждения от минус 25 до +25 °С в присутствии инициирующей системы ПБ-ДМБА

отверждение высоконаполненных акриловых ПКМ (т.е. достижение твердого недеформируемого состояния) не происходит. Только при повышении температуры отверждения до  $+40^{\circ}\text{C}$  были получены композиты с прочностью на сжатие  $\leq 20$  МПа (при требовании к ремонтным материалам – не менее 40 МПа [1]). Малая скорость полимеризации в присутствии ДМБА может быть связана с низким содержанием в реакционной системе инициирующих пероксидных радикалов из-за высокой устойчивости комплексов между ПБ и ДМБА, образующихся на первой стадии распада пероксида [4].

В отличие от ДМБА, в присутствии ДМАФЭ

отверждение высоконаполненных акриловых ПКМ, инициируемое ПБ, протекает с высокой скоростью (время отверждения от 10 до 100 мин). При этом с увеличением содержания ДМАФЭ (при постоянном содержании ПБ)  $\sigma_{\text{сж}}$  проходя через максимум ( $\sim 50\text{--}70$  МПа в зависимости от температуры отверждения и состава связующего), понижается. Следует подчеркнуть, что во всех случаях оптимальное содержание ДМАФЭ не превышает 1,7 мас. %, что в 2–4 раза ниже, чем содержание ДМА в оптимизированных рецептурах ПБ-ДМА [5], а время достижения  $\sigma_{\text{сж}} = 40$  МПа при использовании системы ПБ-ДМАФЭ сокращается в 1,5–3,7 раза.

### Список литературы

1. Рыбалко В.П. и др. // Журн. прикл. химии, 2014. – Т.87. – №9. – С.1362–1367.
2. Долгопоск Б.А., Тинякова Е.И. Окислительно-восстановительные системы как источники свободных радикалов. – М.: Наука, 1972. – 240с.
3. Ефремова Е.П. и др. // Высокомол. соед., 1985. – Т.27(А). – №3. – С.532–537.
4. Заикина А.В. и др. // Изв. вузов. Химия и хим. технология, 2010. – Т.53. – Вып.3. – С.86–89.
5. Дьяченко П.Б. Дисс. ... канд. техн. наук. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. – 269с.

## СРАВНЕНИЕ АКТИВНОСТИ РЯДА КАТАЛИЗАТОРОВ В СИНТЕЗЕ ОЛИГОМЕРА МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

А.О. Удовик, А.Д. Шутова, А.Л. Зиновьев  
Научный руководитель – к.х.н., доцент В.Т. Новиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, ann\_95u@mail.ru

В последние десятилетия интенсивно ведутся исследования в области биоразлагаемых полимеров, среди которых наиболее активно исследуется полилактид, который является крупнотоннажным продуктом, используемым для производства биокомпостируемой упаковки [1], что позволило решить многие экологические проблемы с отходами. Еще более перспективным направлением использования полилактида и его сополимеров оказалось изготовление различных медицинских изделий (матрицы, скаффолды, имплантаты и т.д.), т.к. они не отторгаются организмом человека, постепенно деградируют, способствуют ускорению процесса заживления ран различного происхождения и устранению травм и патологий опорно-двигательного аппарата [2–4], а в результате этого сокращается длительность послеоперационной реабилитации пациентов.

Для производства полилактида и его сопо-

лимеров в качестве сырья обычно используют лактид, в свою очередь получаемый из олигомера молочной кислоты.

Известно, что выходы лактида нужной чистоты могут меняться только при очистке от 28 до 78 % [5]. В работе [6] показана прямая зависимость выхода и чистоты лактида с увеличением молекулярной массы олигомера. При этом также снижается содержание D,L-лактида и мезолактида в лактиде-сырце.

Поэтому представляло интерес сравнить активность ряда катализаторов (ZnO, цеолит и силикагель) в этом процессе в одинаковых условиях.

В процессе поликонденсации использовалась молочная кислота с концентрацией 80 %, в которую сразу добавлялся катализатор (до концентрирования). Колба с реакционной массой помещалась на роторный испаритель фирмы Heidolph (полисилаксановая баня) с програм-